

CLIPPEDIMAGE= JP02000324878A  
PAT-NO: JP02000324878A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000324878 A  
TITLE: CONTROLLER FOR MOTOR

PUBN-DATE: November 24, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NOGUCHI, TOSHIHIKO	N/A
HIRUMA, ATSUYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NOGUCHI TOSHIHIKO	N/A
TOSHIBA KYARIA KK	N/A

APPL-NO: JP11134061

APPL-DATE: May 14, 1999

INT-CL\_(IPC): H02P006/16

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a controller for a motor capable of always stably and suitably driving the motor by accurately estimating the rotor position of the motor without influencing torque control, speed control, position control even in a low speed range and furthermore without being influenced by a temperature change.

SOLUTION: This controller for a motor detects specific harmonics to be added to a motor 10, calculates harmonic instantaneous reactive power from the specific harmonics, extracts AC components having a frequency twice as high as those of the specific harmonics from the reactive power, generates a reference signal having a frequency twice as high as those of the specific harmonics, detects the difference between a phase of the reference signal and a phase of the extracted AC components, and estimates the rotor position of the motor, in response to the phase difference.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-324878  
(P2000-324878A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 2 P 6/16

識別記号

F I  
H 0 2 P 6/00

テーマコード\* (参考)  
3 2 1 H 5 H 5 6 0

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-134061

(22) 出願日 平成11年5月14日 (1999. 5. 14)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成10年11月14日  
開催の「第8回電気学会東京支部新潟支所研究発表会」  
において文書をもって発表

(71) 出願人 594151379  
野口 敏彦  
新潟県長岡市深沢町1796-1

(71) 出願人 399023877  
東芝キャリア株式会社  
東京都港区芝浦1丁目1番1号

(72) 発明者 野口 敏彦  
新潟県長岡市深沢町1796-1

(72) 発明者 蛭間 淳之  
静岡県富士市夢原336番地 東芝キャリア  
株式会社富士事業所内

(74) 代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

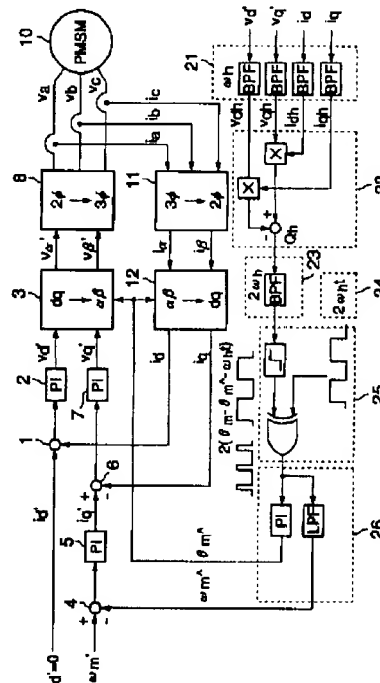
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 低速領域であっても、また電動機のトルク制御、速度制御、位置制御に影響を与えることなく、さらには温度変化等の影響を受けることなく、電動機の回転子位置を精度良く推定することができ、これにより常に安定かつ適正な電動機駆動を可能とする電動機の制御装置を提供する。

【解決手段】 電動機10に加えられる特定高調波を検出し、この特定高調波から高調波瞬时无効電力を計算し、この高調波瞬时无効電力から上記特定高調波の2倍の周波数を有する交流成分を抽出するとともに、上記特定高調波の2倍の周波数を有する基準信号を生成し、この基準信号の位相と上記抽出した交流成分の位相との差を検出し、この位相差に応じて電動機の回転子位置を推定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電動機に加わる特定高調波を検出する検出手段と、

この検出手段で検出された特定高調波から高調波瞬時無効電力を計算する計算手段と、

この計算手段で計算された高調波瞬時無効電力から前記特定高調波の2倍の周波数を有する交流成分を抽出する抽出手段と、

前記特定高調波の2倍の周波数を有する基準信号を生成する生成手段と、

この生成手段で生成された基準信号の位相と前記抽出手段で抽出された交流成分の位相との差を検出する位相差検出手段と、

この位相差検出手段で検出された位相差に応じて前記電動機の高調波位置を推定する推定手段と、

を具備したことを特徴とする電動機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電動機の駆動に必要な回転子位置を求める電動機の制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、電動機たとえば永久磁石形同期電動機を回転子位置センサなしで駆動する場合、速度起電力方式では、固定子の電機子巻線の各相に対する120°通電の無通電期間中に電機子巻線に誘起する電圧の零クロス点を回転子位置（回転子磁極位置）として検出し、その検出に同期をとることで120°通電のための駆動信号を生成している。

【0003】また、正弦波・駆動方式では、基本的にV/F（電圧/周波数）一定制御において、トルク分電流に相当するq軸電流値をモータ電流から検出・演算し、これを一定にコントロールするように速度フィードバックを行っている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の各駆動方式は、瞬時トルクを制御するものではなく、トルク応答性が悪かったり、低速領域での駆動が不安定になったり、1次巻線抵抗による低速域のトルク減少の補償制御が温度変化の影響を受けてしまう等の不具合があった。

【0005】この発明は上記の事情を考慮したもので、その目的とするところは、低速領域であっても、また電動機のトルク制御、速度制御、位置制御に影響を与えることなく、さらには温度変化等の影響を受けることなく、電動機の回転子位置を精度良く推定することができ、これにより常に安定かつ適正な電動機駆動を可能とする電動機の制御装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明の電動機の制御装置は、電動機に加えられる特定高調波を検出する検出手段と、この検出手段で検出された特定高調波から高調

波瞬時無効電力を計算する計算手段と、この計算手段で計算された高調波瞬時無効電力から上記特定高調波の2倍の周波数を有する交流成分を抽出する抽出手段と、上記特定高調波の2倍の周波数を有する基準信号を生成する生成手段と、この生成手段で生成された基準信号の位相と上記抽出手段で抽出された交流成分の位相との差を検出する位相差検出手段と、この位相差検出手段で検出された位相差に応じて上記電動機の回転子位置を推定する推定手段と、を備える。

## 10 【0007】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施例について図面を参照して説明する。

【0008】図1に示すように、d軸電機子巻線電流の指令値 $i_d^*$ が加算部1を介してPI制御部2に供給される。PI制御部2は、指令値 $i_d^*$ に基づき、d軸電機子巻線電圧の指令値 $v_d^*$ を発する。この指令値 $v_d^*$ が回転座標変換部3に供給される。

【0009】回転子角速度の指令値 $\omega_m^*$ が加算部4を介してPI制御部5に供給される。PI制御部5は、指令値 $\omega_m^*$ に基づき、q軸電機子巻線電流の指令値 $i_q^*$ を発する。この指令値 $i_q^*$ はPI制御部7に供給され、そのPI制御部7からq軸電機子巻線電圧の指令値 $v_q^*$ が発せられる。この指令値 $v_q^*$ が回転座標変換部3に供給される。

【0010】回転座標変換部3は、指令値 $v_d^*$ 、 $v_q^*$ を $\alpha$ 軸電機子巻線電圧の指令値 $v_\alpha^*$ および $\beta$ 軸電機子巻線電圧の指令値 $v_\beta^*$ に変換する。この指令値 $v_\alpha^*$ 、 $v_\beta^*$ が二相/三相変換部8に供給されることにより、二相/三相変換部8から永久磁石形同期電動機（PMSM）10に対する駆動用の相電圧 $v_a$ 、 $v_b$ 、 $v_c$ が出力される。

【0011】また、電動機10の各相に流れる電流 $i_a$ 、 $i_b$ 、 $i_c$ が三相/二相変換部11に取込まれ、その三相/二相変換部11から実際の $\alpha$ 軸電機子巻線電流 $i_\alpha$ および $\beta$ 軸電機子巻線電流 $i_\beta$ が得られる。この $\alpha$ 軸電機子巻線電流 $i_\alpha$ および $\beta$ 軸電機子巻線電流 $i_\beta$ は回転座標変換部3に供給され、そこで実際のd軸電機子巻線電流 $i_d$ およびq軸電機子巻線電流 $i_q$ に変換される。このうち $i_d$ は上記加算部1にフィードバック供給され、 $i_q$ は上記加算部6にフィードバック供給される。

【0012】このような電動機制御系において、d軸電機子巻線電圧の指令値 $v_d^*$ 、q軸電機子巻線電圧の指令値 $v_q^*$ 、d軸電機子巻線電流 $i_d$ 、q軸電機子巻線電流 $i_q$ が、検出部21に供給される。

【0013】検出部21は、 $v_d^*$ 、 $v_q^*$ および $i_d$ 、 $i_q$ がそれぞれ入力される4個のバンドパスフィルタ（BPF）で構成される。これらバンドパスフィルタは、例えば500Hzの中心周波数を持ち、電動機10に加わる特定高調波として二相正弦波に相当する50

0 Hzの高調波(d軸高調波電圧 $v_{dh}$ 、q軸高調波電圧 $v_{qh}$ 、d軸高調波電流 $i_{dh}$ 、q軸高調波電流 $i_{qh}$ )を検出する。

【0014】実験の場合、d軸電機子巻線電流の指令値 $i_{d^*}$ およびq軸電機子巻線電流の指令値 $i_{q^*}$ に対し、500 Hzの微小振幅 $I_h$ を有する二相正弦波を重量することにより、500 Hzの特定高調波を作為的かつ容易に電動機10に注入することができる。なお、作為的な注入を行わずに、電力変換器が本来的に出力する高調波(例えばPWMに起因する高調波など)を検出対象としてもよい。

【0015】検出部21で検出されるd軸高調波電流 $i_{dh}$ およびq軸高調波電流 $i_{qh}$ は、回転子位置推定値 $\theta_m^-$ の回転子座標(d-q座標)上において、次\*

$$\begin{bmatrix} v_{dh} \\ v_{qh} \end{bmatrix} = R_a \cdot I_h \cdot \begin{bmatrix} \cos \omega_h t \\ \sin \omega_h t \end{bmatrix} \\ + (\omega_m^* + \omega_h) \cdot \frac{L_d + L_q}{2} \cdot I_h \cdot \begin{bmatrix} -\sin \omega_h t \\ \cos \omega_h t \end{bmatrix} \\ + (2\omega_m - \omega_m^* + \omega_h) \cdot \frac{L_d - L_q}{2} \cdot I_h \cdot \begin{bmatrix} -\sin(2\theta_m - 2\theta_m^* - \omega_h t) \\ \cos(2\theta_m - 2\theta_m^* - \omega_h t) \end{bmatrix}$$

【0019】なお、 $R_a$ は電機子巻線抵抗、 $\omega_m$ は回転子角速度真値、 $\omega_m^*$ は回転子角速度推定値、 $L_d$ はd軸インダクタンス、 $L_q$ はq軸インダクタンス、 $\theta_m$ は回転子位置真値、 $\theta_m^*$ は回転子位置推定値である。

【0020】このようにして検出される特定高調波は、計算部22に供給される。計算部22は、高調波(d軸高調波電圧 $v_{dh}$ 、q軸高調波電圧 $v_{qh}$ 、d軸高調波電流 $i_{dh}$ 、q軸高調波電流 $i_{qh}$ )から高調波瞬時無効電力 $Q_h$ を次の数3式により計算する。

【0021】

【数3】

$$Q_h = \begin{bmatrix} v_{qh} - v_{dh} \\ v_{dh} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{dh} \\ i_{qh} \end{bmatrix} \\ = (\omega_m^* + \omega_h) \cdot \frac{L_d + L_q}{2} \cdot I_h^2 \\ - (2\omega_m - \omega_m^* + \omega_h) \cdot \frac{L_d - L_q}{2} \cdot I_h^2 \cdot \cos(2\theta_m - 2\theta_m^* - \omega_h t)$$

【0022】この高調波瞬時無効電力 $Q_h$ は、抽出部23に供給される。抽出部23は、高調波瞬時無効電力 $Q_h$ から、上記特定高調波の2倍の周波数を有する交流成分を抽出する。

【0023】高調波瞬時無効電力 $Q_h$ は、直流成分と、特定高調波の2倍の周波数(=1000 Hz)を有する交流成分とからなっており、その交流成分の位相 $Q_{ha}$ は次式のように表わされる。

$$Q_{ha} = 2 \cdot (\omega_h t + \theta_m - \theta_m^*)$$

すなわち、交流成分の位相は回転子位置真値 $\theta_m$ と回転子位置推定値 $\theta_m^*$ の誤差の2倍に依存し、仮に回転子※50

\*の数1式で表わされ、微小振幅 $I_h$ と角周波数 $\omega_h$ を有する。

【0016】

【数1】

$$\begin{bmatrix} i_{dh} \\ i_{qh} \end{bmatrix} = I_h \cdot \begin{bmatrix} \cos \omega_h t \\ \sin \omega_h t \end{bmatrix}$$

【0017】これに対して、検出部21で検出されるd軸高調波電圧 $v_{dh}$ およびq軸高調波電圧 $v_{qh}$ は、次の数2式で表わされる。

【0018】

【数2】

※位置推定値 $\theta_m^*$ が真値 $\theta_m$ に一致すれば、位相ずれはなくなる。そこで、抽出部23としてバンドパスフィルタ(BPF)を設け、その中心周波数を1000 Hzにすることによって交流成分だけを抽出するようにしている。

【0024】24は基準信号生成部で、検出部21で検出された特定高調波(d軸高調波電流 $i_{dh}$ )の2倍の周波数を有する基準信号を生成する。この基準信号の位相は $(2 \cdot \omega_h t)$ で表わされる。つまり、交流成分の位相と基準信号の位相との差は、回転子位置推定誤差 $(\theta_m - \theta_m^*)$ の2倍に相当することになる。

【0025】基準信号生成部24で生成された基準信号は位相差検出部25に供給される。この位相差検出部25には、抽出部23で抽出された交流成分も供給される。

【0026】位相差検出部25は、基準信号の位相と交流成分の位相との差を検出するもので、たとえば2個のコンパレータおよび排他的論理和素子により構成される。交流成分は回転子位置推定誤差を位相情報として含んでおり、その交流成分が一方のコンパレータで方形波Aに変換される。基準信号については、他方のコンパレータで方形波Bに変換される。この方形波Aと方形波Bが排他的論理和素子にて位相比較され、同相であれば無出力、位相差があればそれに相当するパルス幅の矩形波信号が出力される。この出力が推定部26に供給される。

【0027】推定部26は、位相差検出部25で検出された位相差に応じて電動機10の回転子位置を推定する

もので、位相差を比例積分素子（PI；または積分素子）に入力してその比例積分素子から回転子位置推定値 $\theta_m'$ を得るとともに、位相差を低域フィルタ（LPF）に入力してその低域フィルタから回転子角速度推定値 $\omega_m'$ を得る。

【0028】すなわち、回転子位置推定値 $\theta_m'$ が回転子位置真値 $\theta_m$ と一致していなければ、方形波Aの位相と方形波Bの位相とに差が生じ、位相差検出部25から矩形波信号が出力される。そして、この矩形波信号に応じた回転子位置推定値 $\theta_m'$ が出力される。この回転子位置推定値 $\theta_m'$ は、方形波Aと方形波Bとの位相差が零となる方向に修正され、回転子位置真値 $\theta_m$ へと収束していく。

【0029】推定値 $\theta_m'$ が真値 $\theta_m$ に収束すると（一致すると）、方形波Aと方形波Bの位相差がなくなる。このとき、位相差検出部25から矩形波信号が出力されなくなり、よって比例積分素子の動作が中断し、推定値 $\theta_m'$ （＝真値 $\theta_m$ ）が保持される。推定値 $\theta_m'$ が真値 $\theta_m$ から外れると、再び、位相差が零になるまで、推定値 $\theta_m'$ が修正される。

【0030】電動機10が連続的に回転していて、真値 $\theta_m$ が連続的に変化する場合でも、方形波Aと方形波Bの位相差を零にするように推定値 $\theta_m'$ が連続的に修正され、ごくわずかな推定誤差を持ちつつも真値 $\theta_m$ に追従する。

【0031】図2に、速度ステップ応答として、回転子角速度（＝回転速度）の指令値 $\omega_m'$ および真値 $\omega_m$ を示しており、零速度も含めて速度制御が良好に行われていることが分かる。

【0032】図3に、推定値 $\theta_m'$ と真値 $\theta_m$ との関係を示している。図面上は分かり易いように両者を少しずらして描いているが、実際はほぼ重なり合う状態にあり、 $\theta_m$ の変化に対して $\theta_m'$ が良好に追従する。

【0033】以上のように、特定高調波に着目して回転子位置を推定することにより、零速度を含む低速領域においても精度良く回転子位置を推定することができる。基本波ではなく特定高調波に着目しているため、交流電動機のトルク制御、速度制御、位置制御に影響を与えることなく、回転子位置を推定することができる。

【0034】高調波瞬時無効電力を計算する際に高調波電圧と高調波電流の外積計算を利用するため、計算上、巻線抵抗に関する項が一切現われない。すなわち、巻線抵抗に依存することなく高調波瞬時無効電力を計算することができ、よって温度等により巻線抵抗値が変動しても、その影響を一切受けずにロバストな回転子位置推定を行うことができる。

【0035】表皮効果による巻線抵抗への影響が懸念されるが、上述の通り、高調波瞬時無効電力に基づいてい

るため、表皮効果の影響を一切受けずに回転子位置を推定することができる。

【0036】高調波瞬時無効電力で特定高調波の2倍の周波数成分を有する交流成分の位相情報と、特定高調波の2倍の周波数を有する基準信号の位相情報には、巻線抵抗やインダクタンスなどの電動機パラメータが一切含まれない。したがって、それらの位相差に基づいて回転子位置推定を行う本実施例は、本質的に電動機パラメータの変動に対してロバストであり、どのような状況下（例えば温度変動や磁気飽和）においても正確に回転子位置を推定することができる。したがって、常に安定かつ適正な電動機の駆動が可能となる。

【0037】なお、上記実施例では、電動機として永久磁石形電動機を例に説明したが、突極性があれば、巻線形同期電送機やリアクタンス電動機にも同様に実施可能である。その他、この発明は上記実施例に限定されるものではなく、要旨を変えない範囲で種々変形実施可能である。

【0038】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば、電動機に加えられる特定高調波を検出し、この特定高調波から高調波瞬時無効電力を計算し、この高調波瞬時無効電力から上記特定高調波の2倍の周波数を有する交流成分を抽出するとともに、上記特定高調波の2倍の周波数を有する基準信号を生成し、この基準信号の位相と上記抽出した交流成分の位相との差を検出し、この位相差に応じて電動機の回転子位置を推定する構成としたので、低速領域であっても、また電動機のトルク制御、速度制御、位置制御に影響を与えることなく、さらには温度変化等の影響を受けることなく、電動機の回転子位置を精度良く推定することができ、これにより常に安定かつ適正な電動機駆動を可能とする電動機の制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施例の構成を示すブロック図。

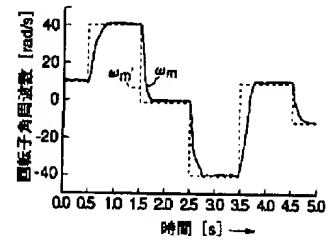
【図2】同実施例における回転子角速度の指令値 $\omega_m'$ と真値 $\omega_m$ の関係を示す図。

【図3】同実施例における回転子位置の推定値 $\theta_m'$ と真値 $\theta_m$ との関係を示す図。

【符号の説明】

- 10…永久磁石形同期電動機
- 21…検出部
- 22…計算部
- 23…抽出部
- 24…基準信号生成部
- 25…位相差検出部
- 26…推定部

【図2】



Fターム(参考) 5H560 BB04 BB12 DC12 EB01 GG04  
JJ15 TT08 XA02 XA06 XA13